

Школа Инженерная школа ядерных технологий (ИЯТШ)  
 Направление подготовки 14.03.02. Ядерные физика и технологии/ Радиационная  
 безопасность человека и окружающей среды  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Изучение зависимости удельной активности Ra-226 в грунтах г.            Томска от глубины залегания</b>

УДК 539.163:546.44:624.131.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5А	Толстов Олег Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ НИ ТПУ	Рыжакова Н.К.	к.ф.-м.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Подопригора И.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ ИЯТШ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Бычков П.Н.	к.т.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Общекультурные компетенции</b>	
Р 1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.
Р 2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.
Р 3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления.
Р 4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.
Р 5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
Р 6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
<b>Профессиональные компетенции</b>	
Р 7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
Р 8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</b>
	населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны.
Р 9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов.
Р 10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.
Р 11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.
Р 12	Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</b>
	базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.
Р 13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов.
Р 14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.
Р 15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа ядерных технологий (ИЯТШ)  
 Направление подготовки (специальность) Ядерные физика и технологии/ Радиационная  
 безопасность человека и окружающей среды  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Бычков П.Н.  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

**Бакалаврской работы**

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
0А5А	Толстову О. В.

Тема работы:

**Изучение зависимости удельной активности Ra-226 в грунтах г. Томска  
от глубины залегания**

Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.03.2019. №1862/с
---	---------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>γ- спектры для 12 проб грунта «суглинки».</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Подбор литературы по теме исследования.</li> <li>2) Изучение принципа действия и устройства полупроводникового <math>\gamma</math>-спектрометра.</li> <li>3) Пробоотбор грунтов с разных глубин (кол-во проб)</li> <li>4) Подготовка грунтов для <math>\gamma</math>-спектрометрии.</li> <li>5) Калибровка спектрометра CANBERRA для геометрии «суши».</li> <li>6) Изучение зависимости результатов измерений удельной активности радия от температуры высушивания пробы грунта.</li> <li>7) Проведение измерения содержания Ra-226 пробах грунта, отобранных на разных глубинах залегания.</li> <li>8) Анализ полученных результатов.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Электронная презентация в Power Point</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Гоголева Т.С.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Подопригора И.В.</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент ОЯТЦ ИЯТШ НИ ТПУ</p>	<p>Рыжакова Н.К.</p>	<p>к.ф.-м.н.</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>0А5А</p>	<p>Толстов Олег Владимирович</p>		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа ядерных технологий  
 Направление подготовки – 14.03.02 Ядерные физика и технологии  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерного топливного цикла  
 Период выполнения (весенний семестр 2018/2019 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.19	Составление и утверждение технического задания	7
05.03.19	Подбор и изучение материалов по теме	10
16.03.19	Выбор направления исследования	5
8.04.19	Проведение эксперимента	45
07.05.19	Анализ и описание результатов	30
20.05.19	Подготовка к защите ВКР	7

#### СОСТАВИЛ:

##### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Рыжакова Н. К.	к.ф.-м.н.		

#### СОГЛАСОВАНО:

##### Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Бычков П.Н.	к.т.н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0А5А	Толстов Олег Владимирович

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	
<b>Уровень образования</b>	бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Физика атомного ядра и частиц

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно – правовых документах
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценочная карта конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Иерархическая структура работ
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	SWOT – анализ

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
4. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Подопригора И.В.	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0А5А	Толстов Олег Владимирович		



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0А5А	Толстов Олег Владимирович

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОЯТЦ</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Ядерные физика и технологии

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, электромагнитное излучение);</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).</li> </ul>
<i>2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– требования охраны труда при работе на ПЭВМ;</li> <li>– электробезопасность;</li> <li>– пожаровзрывобезопасность;</li> </ul>

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul>
<i>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность (причины, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	08.04.19
---	----------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент ОЯТЦ ИЯТШ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0А5А	Толстов Олег Владимирович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 78 страниц, 16 рисунков, 26 таблиц, 15 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: радий, радоноопасность, глубина залегания, удельная активность радия, зависимость удельной активности радия-226 от глубины залегания, зависимость удельной активности радия-226 от температуры высушивания проб грунта.

Объектом исследования являются образцы суглинка, отобранные на разных глубинах.

Целью работы является изучение возможности использования данных о содержании Ra-226 в поверхностных слоях для оценок радоноопасности территорий.

В процессе выполнения работы изучена иностранная литература по результатам измерения удельной активности радия-226 в образцах грунтов, отобранных на разных глубинах; произведен отбор образцов грунта; просушивание, измельчение при помощи ступы и песта, просеивание, герметизация образцов; выполнены измерения удельной активности радия на полупроводниковом  $\gamma$ -спектрометре; проведен анализ полученных данных.

По результатам исследования показано, что удельная активность радия-226 суглинков на глубинах от 0,5 метров до 2 метров не меняется и составляет в среднем 75 Бк/кг; удельная активность радия-226 поверхностного слоя суглинка примерно в два раза меньше. Поэтому оценки радоноопасности территорий, основанные на использовании данных о содержании урана/радия в поверхностном слое грунта, являются недостоверными. Сделан предварительный вывод о том, что результаты измерения удельной активности радия – 226 зависят от температуры высушивания проб.

Выпускная квалификационная работа выполнена в ОЯТЦ ИЯТШ.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2015 с применением пакета Microsoft Excel 2015.

## Оглавление

Введение .....	14
1. Обзор литературы по теме исследования .....	16
2. Гамма-спектрометрия .....	24
2.1 Физические основы $\gamma$ -спектрометрии .....	24
2.2. Схема $\gamma$ -спектрометра .....	25
2.3. Детекторы, используемые в $\gamma$ -спектрометрии. ....	27
2.3.1.Сцинтилляционный детектор. ....	27
2.3.2.Полупроводниковый детектор.....	29
3. Полупроводниковый $\gamma$ - спектрометр CANBERRA .....	33
4. Эксперимент .....	35
4.1. Планирование эксперимента .....	35
4.2. Калибровка спектрометра .....	36
4.3. Результаты удельной активности образцов в зависимости от температуры пробоподготовки .....	37
4.4. Результаты удельной активности образцов в зависимости от глубины залегания грунта.....	40
5. Заключение .....	42
6. «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» .	43
6.1 Предпроектный анализ .....	43
6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	44
6.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	44
6.1.3 SWOT-анализ.....	46
6.2.2 Контрольные события проекта .....	50

6.2.3 План проекта.....	50
6.3 Бюджет научно-технического исследования .....	54
6.3.1 Расчет материальных затрат .....	54
6.3.2 Расчет амортизации оборудования для экспериментальных работ ..	56
6.3.3 Затраты на оплату труда исполнителей научно-технического исследования .....	57
6.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды .....	60
6.3.5 Накладные расходы.....	61
6.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ...	62
6.5 Определение ресурсной эффективности исследования .....	62
7. Социальная ответственность .....	64
7.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	65
7.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПК. ....	67
7.2.1 Организационные мероприятия .....	67
7.2.2 Организация рабочего места оператора ПК .....	67
7.2.3 Условия безопасной работы .....	69
7.3 Электробезопасность .....	72
7.5 Пожарная и взрывная безопасность .....	74
Список литературы .....	77

## Введение

Радон ( $Rn-222$ ) – радиоактивный газ, без цвета и запаха, имеет период полураспада  $T_{1/2} = 3,8$  суток. Радон образуется в результате альфа – распада из радия-226, который в свою очередь является продуктом распада ядер, принадлежащих семейству урана-238. Источником радона является грунт, породы которого содержат то или иное количество урана. Опасность радона и его продуктов распада кроется в их радиоактивности. Попавший в атмосферу радон вдыхается вместе с воздухом, что уже в бронхах, а потом и в легких приводит к облучению. Установлено, что значительный вклад в фоновое излучение вносит радон и его продукты распада, которые составляют основную часть дозы, получаемой человеком от природных источников. Превышение установленных норм облучения может приводить к увеличению риска получения онкологических заболеваний. Для предотвращения негативного влияния облучения необходимо снижать риски облучения радоном еще на этапе проектирования и постройки жилых и производственных зданий. Условия повышенной угрозы для здоровья человека вынуждают определять все новые методы выявления и контроля радоноопасности. Используются различные методы и критерии оценки радоноопасности, например объемная активность радия, газопроницаемость грунтов, объемная активность радона в поровом пространстве и в помещениях, содержание урана и радия в грунте, плотность потока радона с поверхности грунта. Одним из таких методов за рубежом является использование карт потенциальной радоноопасности территории. Данный метод подразумевает составление карт местности и классификации территорий по степени радонового риска.

В Российской Федерации при построении региональных карт потенциальной радоноопасности используются данные о содержании урана/радия в поверхностных грунтах, а для оценки радоноопасности

территорий застройки используется плотность потока радона. Измерения удельной активности урана/радия и плотности потока радона проводят на земной поверхности. Однако, фундамент зданий закладывается на глубинах, составляющих несколько метров. На таких глубинах свойства грунтов, в том числе содержание урана/радия, могут отличаться от свойств поверхностных грунтов. В работах, посвященных изучению зависимости удельной активности радия от глубины залегания грунта, чаще всего рассмотрены небольшие глубины до одного метра. Необходимо отметить, что не существует аттестованной методики пробоподготовки грунтов к гамма-спектрометрическим измерениям. В частности, отсутствуют рекомендации о температуре высушивания проб грунта.

Целью работы является изучение возможности использования данных о содержании Ra-226 в поверхностных слоях для оценок радоноопасности территорий.

Задачи:

- Подбор литературы по теме исследования.
- Изучение принципа действия и устройства полупроводникового  $\gamma$ -спектрометра.
- Пробоотбор грунтов с разных глубин.
- Подготовка грунтов для  $\gamma$ -спектрометрии.
- Калибровка спектрометра CANBERRA для геометрии «суши».
- Изучение зависимости результатов измерений удельной активности радия от температуры высушивания проб грунта.
- Проведение измерения содержания Ra-226 пробах грунта, отобранных на разных глубинах залегания.
- Анализ полученных результатов.

## 1. Обзор литературы по теме исследования

Признаки потенциальной радоноопасности [1] - количественные и качественные показатели геологической среды участка, свидетельствующие о высокой вероятности его потенциальной радоноопасности: высокие по сравнению со средними для данной местности значения ППР с поверхности грунта, удельной активности радия в грунте и его эманационной способности, ОА радона в подпочвенном воздухе, ЭРОА или ОА радона в воздухе помещений расположенных на участке зданий, или значения этих показателей, превышающие соответствующие нормируемые или допустимые уровни, а также наличие геодинамически активных зон.

В работе [2] при проведении локальных оценок радоноопасности обычно измеряли удельную активность Ra-226 на различных глубинах залегания: 0,15-1 м, грунты просушивали (температура просушки не указана), герметизировали, после чего проводились измерения на  $\gamma$ -спектрометре. В Польше в районе города Краков различными методами изучалась объемная активность радионуклидов, в том числе Ra-226. Целью данного исследования было изучение радоноопасности вблизи зон геологических разломов. в пределах Краковской области, и определение влияния таких формирований на повышенную концентрация радия и радона в почве.

В Краковской области были выбраны восемь «профилей измерения» перпендикулярно вероятным направлениям зон разломов. В каждом профиле была определена геологическая структура, а также проведены измерения радия - 226 изотопов в почве.



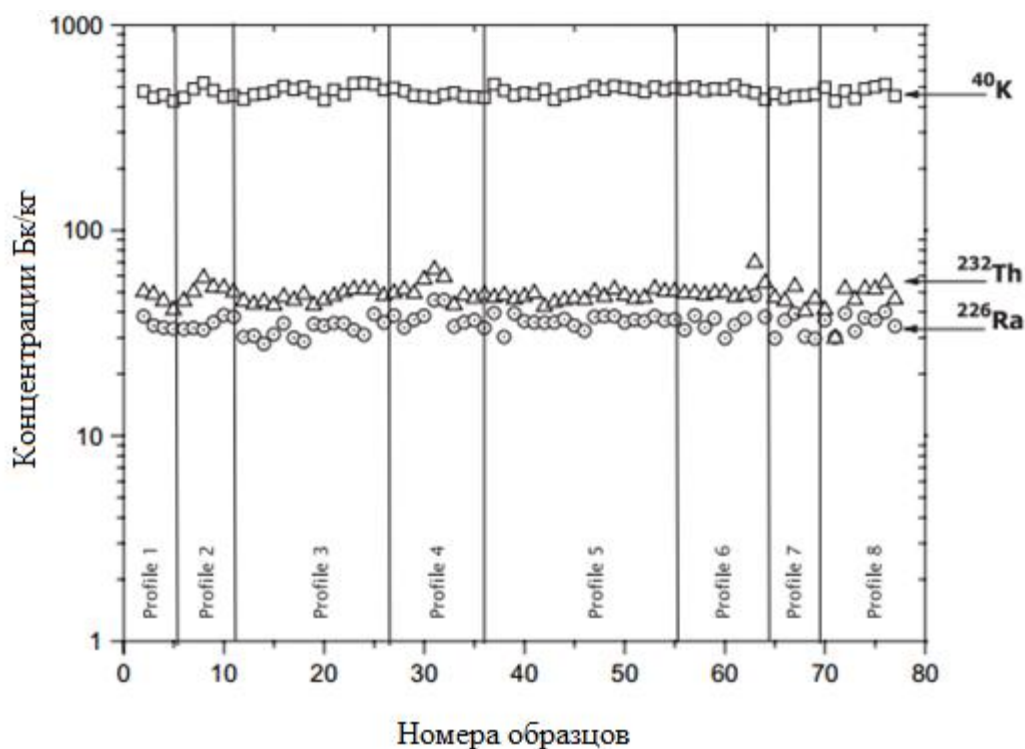


Рис. 1. Концентрация природных изотопов (калий, радий и торий) в пробах ПЧВЫ.

Концентрации естественных радиоактивных элементов, собранных на участках измерения радона вдоль профилей 1-8 ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) в почве предоставлены на рисунке 1. Для них оказались характерны небольшие вариации.

В данной работе было выявлено, что лёссовые слои могут играть важную роль в процессах эманации и переноса радона. В работе сделан вывод о том, что лёссовый слой толщиной от нескольких метров до нескольких десятков метров может быть ловушкой для радия и барьером для миграции радона. Толстые лёссовые слои, встречающиеся над разломами, могут быть причиной более высоких концентраций радона в этих местах примерно в два раза, чем в других частях «профиля измерения». При наличии данного грунта на территории застройки необходимо оценивать радоновые риски.

В Словении, в работе посвященной оценке эманации радона из различных литологических единиц [3], было проведено измерение удельной активности радона в различных точках.

Образцы грунтов отобраны на глубине 0,7 и 0,8 м., просушены при температуре 105°C в течение 24 часов. После просушки грунт был измельчен при помощи ступы и песта, просеян (шаг сита равен 660 мкм) и загерметизирован в сосуд. Объем сосуда 50 см<sup>3</sup>. Образцы выдерживались месяц для достижения равновесия продуктов распада, после чего измерялись на спектрометре. В таблице 1 представлены данные о удельной активности Ra-226 в различных грунтах.

Таблица.1. Удельная активность Ra-226 в различных грунтах.

Радионуклид Ra-226 Бк/кг	Тип грунта	Число образцов	Минимальное	Максимальное	Медиана
	А	15	23.4	102.1	51.1
	В	18	20.1	169.9	50.6
	В	3	41.9	48.5	46.4
	В	6	21.7	42.1	31.5
	С	24	11.5	269.3	63.3
	Д	2	34.4	42.6	38.5
	Е	2	70.0	74.7	72.4
Общее кол-во.	70	11.5	269.3	48.4	

Где: А- аллювиальные и ледниковые отложения; В1 - обломочные отложения, содержащие глину; В2 - грубые обломочные отложения; В3 – флиш; С – карбонаты; D - метаморфические породы; Е - морские и озерные отложения.

Сравнительно высокое содержание радия и большой разброс значений удельной активности был выявлен в аллювиальных и ледниковых отложениях (А), в обломочных отложениях (В1) и карбонатах (С). Большая вариабельность удельной активности в этих типах грунтов, скорее всего,

объясняется тем, что данные грунты характеризуются неоднородной структурой. Эти грунты отобраны на глубинах от 70 до 80 см и содержат в себе разное количество суглинков и глин, отличающихся дисперсным составом. Радий свойственно накапливаться в мелкозернистых и малопористых породах. Карбонаты, представляющие собой геологическую среду, содержащие в своем составе углеводороды, хорошо адсорбируют радий. Этим объясняется разброс значений в данных грунтах.

Работа [4] посвящена изучению распределения отдельных геогенных радионуклидов ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) и антропогенного  $^{137}\text{Cs}$  в нетронутой лесной почве на глубинах залегания: 0-10, 10-20, 30-40 см. Пробы грунта были отобраны в лесах Словении на площадке 120 м<sup>2</sup>. Грунт был предварительно подготовлен и измерен на  $\gamma$ -спектрометре. В таблице 2 представлены средние значения активности в зависимости от глубины.

Таблица 2. Средние значения активности в зависимости от глубины.

Глубина, см	Удельная активность Ra-226, Бк/кг
0-10	51±3
10-20	51±5
20-30	52±2
30-40	49±2

Видно, что удельная активность Ra-226 поверхностного слоя толщиной до 40 см остается практически постоянной.

В работе [5] производился пробоотбор грунта с различных глубин начиная от 0,1 м до 1 метра с шагом 10 см. Образцы просушивали при температуре 105°С, измельчали и герметизировали, после чего проводили измерения на  $\gamma$ -спектрометре. В таблице 3 представлены результаты измерений активности радия в различных слоях.

Таблица 3. Результаты измерений активности радия в различных слоях.

<sup>226</sup> Ra Bq/g, UNC %																					
Площадка измерения 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Глубина, см.	10	8.9	6	1.6	10	6.3	5	8.8	7	1.5	8	1.4	4	1.8	8	4.5	6	5.1	6	0.3	5
	20	1.6	14	1.5	8	0.4	6	4.2	8	0.7	12	1.1	9	0.3	12	0.7	12	1.1	8	0.7	12
	30	10.3	6	0.3	13	1.1	14	0.9	10	0.2	11	0.37	14	0.1	21	0.4	13	0.3	15	0.6	10
	40	9.2	7	0.2	12	7.8	5	0.16	13	0.4	11	0.15	15	0.4	12	0.02	14	1.8	7	1.4	8
	50	8.9	5	0.76	14	7.6	7	0.5	14	0.5	11	0.18	17	0.8	8	2.2	8	2.3	8	1.4	8
	60	2.1	7	1.11	11	3.3	10	0.3	13	0.6	13	0.25	14	0.8	8	2.4	11	0.9	8	0.4	10
	70	0.1	16	4.7	5	0.89	11	0.5	11	0.3	12	0.45	11	1.1	10	1.1	5	0.3	10	0.0	8
	80	0.6	9	1.5	12	0.5	12	0.4	9	0.2	12	0.7	9	0.8	7	1.9	9	0.11	15	0.8	12
	90	0.2	2	0.24	12	0.3	15	0.65	10	0.2	12	0.23	10	0.8	10	0.3	11	0.09	8	0.0	5
	100	0.1	19	0.3	8	0.75	11	0.09	13	0.1	6	0.12	14	0.6	9	0.2	11	0.12	15	0.1	7

Данные были обработаны и представлены в виде графиков. Для наглядного отображения данных использовали относительные единицы измерений.

$$A_{\text{cum h}} = 100 * \sum_{k=1}^{k=k_h} A_k / \sum_{k=1}^{k=10} A_k \quad (1)$$

Где  $A_k$  – измеренная активность <sup>226</sup>Ra образца слоя k,  $k_h$ - индекс слоя, соответствующий глубине,  $A_{\text{cum h}}$  – накопленная активность.

Результаты обработки измерений представлены на рисунках 2,3.

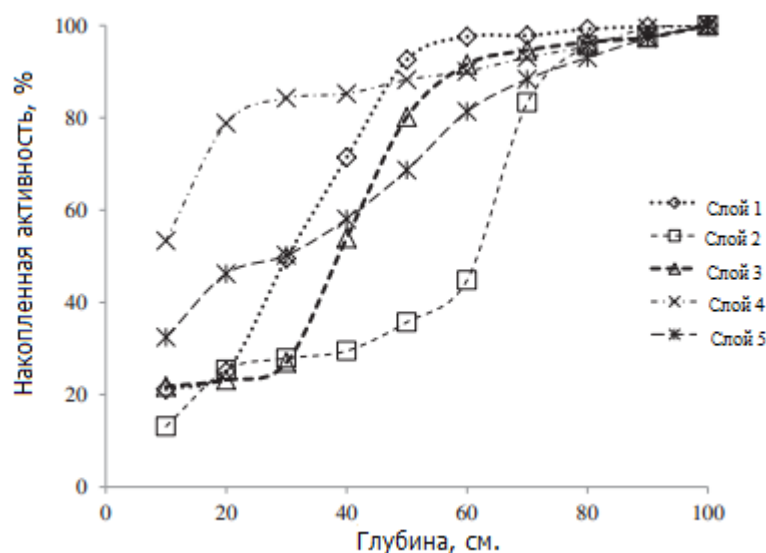


Рис. 2. Относительная активность от глубины слоя для слоев 1-5.

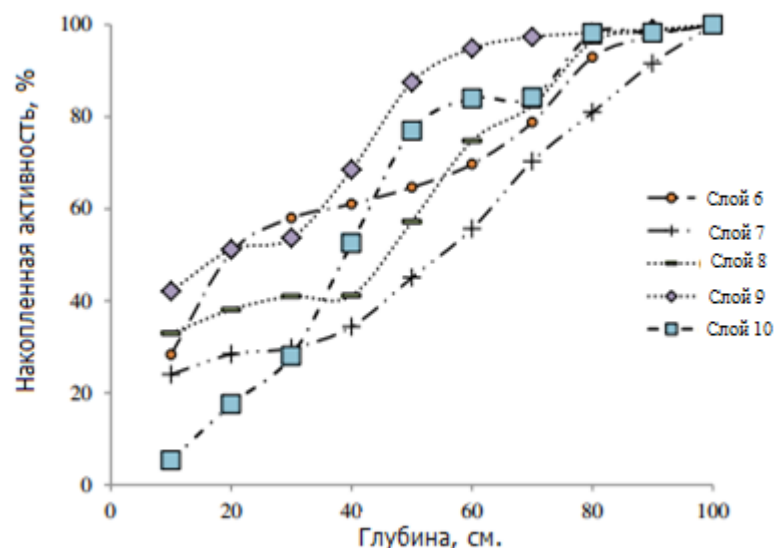


Рис.3. Относительная активность от глубины слоя для слоев 6-10.

Видно, что на всех площадках измерения содержание радия становится практически одинаковым на глубинах 0,7 м и более.

В работе [6], посвященной геохимии радия в почвах, были проведены измерения удельной активности радия. Пробы просушивали при температуре 105°C, измельчали, после чего герметезировали и измеряли на  $\gamma$ -спектрометре. В таблице 6 представлены исходные данные точек пробоотбора и типов грунта местностей.

Таблица 6. Исходные данные точек пробоотбора и типов грунта местностей.

Место	Локация	Тип грунта
14-80	Old Fort, PA	Доломит
14-81	Old Fort, PA	Доломит
14-82	Philipsburg, PA	Литовой песчаник
14-83	Philipsburg, PA	Литовой песчаник
14-84	Julian, PA	Сланцевый аллювий
6-10	Krumsville, PA	Сланец
6-11	Pricetown, PA	Диоритовый глейс
NC-1	Justice, NC	Гранит
8-99	E. Athens, PA	Гранит
NY-1	Ausable Forks, NY	Сланец валунный
IL-1	Champ.-Urbana, IL	Гранит валунный
TN-1	Jefferson City, TN	Лёсс

По полученным данным, взятых с определенных точек образцов, были построены зависимости удельной активности радия в грунте от глубины залегания грунта.

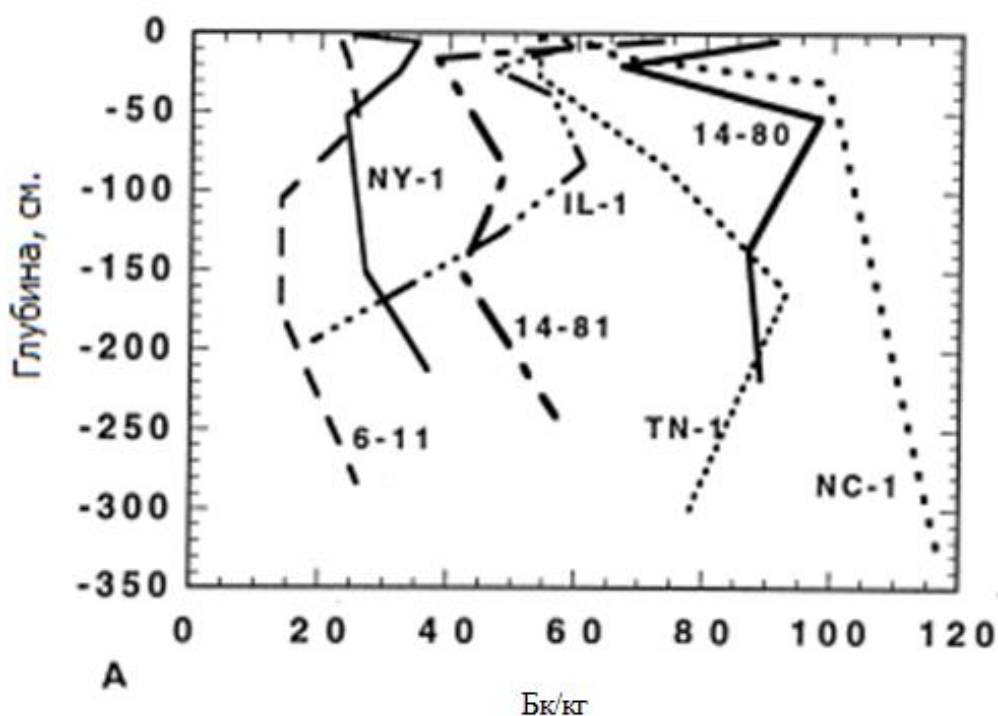


Рис. 4. Вертикальное распределение радионуклидов.

Выводом по данной работе послужило утверждение, что уровень радия в поверхностной почве до 50 см может отличаться от уровня радия в грунте, залегающем глубже 50 см, однако с ростом глубины залегания грунта содержание радия постоянно. В работе уделено большое внимание зависимости концентрации радия от параметров и типа грунта, а также его влажности и примесей. Выявлено, что незначительные примеси органических соединений влияют на перенос радия в почве, способствуя более легкой миграции радия. Высокий уровень радия выявлен в диоритовом глейсе, который является твердой горной породой, это может говорить о том, что в этой области могут залегают урановые руды. Резкое снижение удельной активности с ростом глубины наблюдается в обломках прочной известковой горной породы.

Анализируя результаты, приведенные в литературных источниках, нельзя сделать однозначные выводы о зависимости удельной активности радия-226 от глубины залегания грунтов. Это, в свою очередь, ставит под сомнение возможность использования данных об удельной активности радия в поверхностных слоях для оценок радоноопасности.

## **2. Гамма-спектрометрия**

Экспериментальное исследование энергетического спектра [7]  $\gamma$ -излучения, является одним из основных методов изучения структуры атомных ядер. Гамма-спектрометрия широко применяется при решении многих задач, где используются ядерно-физические методы исследований. Например, при проведении элементного анализа в химии, геологии и т.д. Действие детекторов ядерных излучений основано на взаимодействии  $\gamma$ -квантов с веществом. В ядерной физике к настоящему времени разработан большой арсенал приборов, служащих для измерения спектров  $\gamma$ -излучения. Среди них необходимо упомянуть сцинтилляционные спектрометры и обладающие наибольшей универсальностью  $\gamma$ -спектрометры с полупроводниковыми детекторами, использующими германий и кремний. Они имеют высокую разрешающую способность по энергии при хорошей эффективности.

### **2.1 Физические основы $\gamma$ -спектрометрии**

Гамма-спектрометрия [8]– один из наиболее широко применяемых методов определения радионуклидов и их активности в технологических растворах, в объектах окружающей среды, в отходах и т.п. Метод очень удобен и обычно не требует вскрытия проб, концентрирования и разделения радионуклидов. Пробоподготовка чаще всего сводится к приготовлению препарата для измерений.

Широкое использование гамма-спектрометрии для определения природы радионуклидов и их активности связано с тем, что спектр фотонного излучения дискретный [9]. Спектр каждого радионуклида уникален и позволяет его идентифицировать. Для этого спектрометр калибруется по стандартным образам (ОСГИ). Это позволяет не только



идентифицировать радионуклид, определить активность, а также содержание его в пробе.

Для этого: Сначала гамма-спектр расшифровывают качественно. С помощью градуировочной кривой, построенной по гамма-спектрам образцовых гамма-источников, определяют энергии фотопиков. Рассчитывают площади фотопиков, приводя их к одной чувствительности. Соотношение площадей фотопиков сравнивают с выходом гамма-квантов радионуклидов, имеющих энергии, равные значениям, определенным по градуировочной кривой. Определяют периоды полураспада по изменению площади фотопика в зависимости от времени. По определенным значениям энергии фотопиков, соотношений площадей фотопиков между собой, периодов полураспада делают выводы о том, какие радионуклиды присутствуют в пробе. Затем с помощью калибровочной кривой, рассчитанной по гамма-спектрам образцовых гамма-источников, рассчитывают содержание радионуклидов в пробе.

## 2.2. Схема $\gamma$ -спектрометра

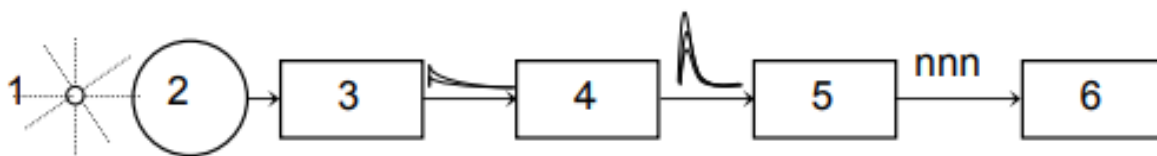


Рис 5. Типичная схема спектрометра. Блок-схема спектрометра: 1 - источник  $\gamma$ -излучения, 2 - детектор  $\gamma$ -излучения, 3 - предварительный усилитель (предусилитель), 4 - основной усилитель, 5 - амплитудно-цифровой преобразователь (АЦП), 6 – компьютер.

## **Предварительный усилитель**

[10] Предварительный усилитель представляет очень чувствительный усилитель с низким уровнем собственных шумов, расположенный обычно непосредственно в детекторе или рядом с ним, чтобы свести к минимуму электрические наводки в проводах. Обычно через предусилитель подается и высокое напряжение на детектор. Главная часть любого предусилителя - полевой транзистор, подключенный прямо к электродам детектора или ФЭУ.

## **Блок высокого напряжения**

Практически во всех типах детекторов используется высокое напряжение (обычно от 500 В до 4000 В). Чтобы обеспечить плавную подачу высокого напряжения на детектор, в современных блоках высокого напряжения предусмотрен медленный рост напряжения до установленного на регуляторе. Большинство блоков снабжено защитой от перегрузок, а некоторые блоки высокого класса для ППД имеют аварийное отключение при повышении температуры охлаждаемого детектора до критической (при которой детектор под напряжением выходит из строя). Блоки высокого напряжения отличаются очень высокой стабильностью, т.к. это непосредственно влияет на энергетическое разрешение детектора.

## **Усилитель**

Спектрометрические усилители используются при амплитудном анализе сигналов. Одна из функций спектрометрических усилителей - линейное увеличение амплитуд выходных сигналов предусилителей, которые находятся в диапазоне милливольт, до диапазона 0.1-10 В, в котором работают АЦП.

Спектрометрический усилитель не является обязательным элементом спектрометрического комплекса. Его не используют, если предусилитель

дает сигнал необходимой амплитуды и формы. Усилитель предназначен для подготовки сигнала с предусилителя к обработке АЦП.

### **Аналого-цифровой преобразователь**

АЦП - сложнейшая электронная система, преобразующая значение амплитуды импульса в цифровой код. Амплитудные распределения регистрируются и обрабатываются с помощью цифровой электронной техники, в частности, компьютеров. Исследуемый диапазон амплитуд разбивается на конечное число интервалов, обычно равных, каждому из которых присваивается порядковый номер. Эти интервалы принято называть каналами. Каждому каналу присваивается свое значение энергии. АЦП измеряет амплитуду каждого импульса и определяет соответствующий ей номер канала.

### **Средство вывода информации**

В качестве устройства для вывода конечных данных, предоставляемых в виде спектра, используют компьютер.

## **2.3. Детекторы, используемые в $\gamma$ -спектрометрии.**

### **2.3.1. Сцинтилляционный детектор.**

Сцинтилляционный детектор - система, состоящая из сцинтиллятора и фотоэлектронного умножителя. Сцинтилляторы - вещества, испускающие свет под действием заряженных частиц. Сцинтилляторы бывают органические и неорганические.

Принцип работы сцинтилляционного детектора. Попадая в сцинтиллятор, частица (гамма-квант), ионизирует и возбуждает среду. Возвращаясь в невозбужденное (основное) состояние, атомы сцинтиллятора испускают фотоны. Эти фотоны попадают на фотокатод, за счет

фотоэффекта, фотоны порождают электроны, а они в свою очередь ускоряются, фокусируются и попадают на систему динодов. Электрон, попав на фотодиод, за счет ударной ионизации, выбивает из следующего динода два или более электрона, они ускоряются электрическим полем и провоцируют тем самым, выбивание большего количества электронов с динодов, расположенных друг за другом. Эти процессы повторяются, пока конечный пучок электронов не дойдет до анода. После чего сигнал преобразуется для считывания амплитудным анализатором, где каждой энергии сопоставляется соответствующий канал, а далее вся информация идет на средства вывода, такие как компьютер или монитор.

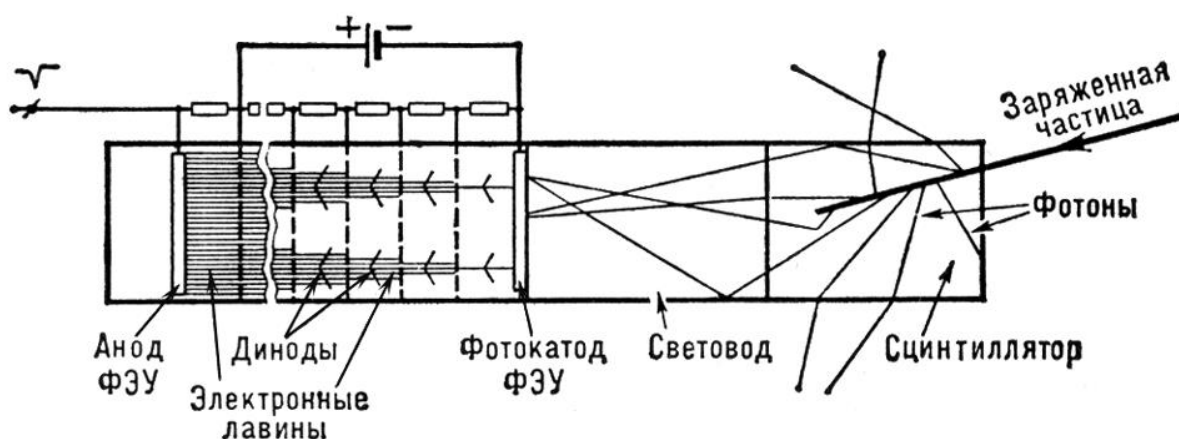


Рис.6 . Схема сцинтилляционного детектора.

Фотоумножитель - ФЭУ (фотоэлектронный умножитель), электронный прибор, преобразующий световой сигнал или пучок света в эквивалентный усиленный электрический сигнал. Электроны, высвобождаемые фотоэлектронной эмиссией, на освещенном катоде, бомбардируют группу других электродов и увеличиваются тем самым в числе. На конечной стадии получается усиленный сигнал.

Коэфф усиления фотоумножителя:  $M = \theta * \delta^n$ .  $\theta$  — коэффициент, характеризующий сбор вторичных электронов на диноде,  $\delta$  — коэффициент усиления на диноде,  $n$  — число динодов.

### 2.3.2. Полупроводниковый детектор.

Полупроводниковые детекторы - это твердотельных детекторы ионизирующих излучений, принцип действия которого основан на отдельных актах взаимодействия ионизирующих излучений с полупроводниковым материалом детектора ППД. частица, проникая в детектор, создаёт дополнительные электронно-дырочные пары, которые под действием электрического поля двигаются, перемещаясь к электродам прибора. В результате во внешней цепи полупроводникового детектора возникает электрический импульс, который далее усиливается и регистрируется.

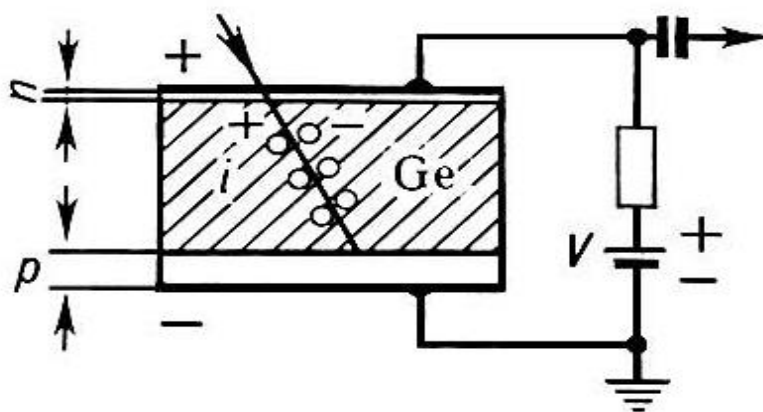


Рис. 7. Схема полупроводникового детектора.

В спектрометрии применяют ППД, относящиеся к твердотельным детекторам, принцип действия которых основан на ионизации в полупроводниковой среде.

Информация об энергии частицы является заряд, который она создаст в полупроводнике. Для ее регистрации, трек частицы должен укладываться в чувствительной зоне детектора, заряды сгенерированные частицей должны полностью собираться на электроды, а флуктуации входного сигнала должны

быть минимальны. С учетом выше указанных свойств материал должен обладать определенными свойствами.

В первую очередь необходимо, чтобы материал создавал большое количество свободных носителей заряда. Поскольку число носителей связано с энергией частицы, которую она передает детектору, то есть чем меньше энергия, требуемая для образования пары электрон-дырка, тем легче осуществлять регистрацию частиц с малой энергией. Кроме того, с увеличением количества свободных носителей заряда, уменьшается относительная флуктуация этого числа, что приводит к большей точности регистрации.

Во-вторых, чтобы получить сигнал необходимо, чтобы эти частицы имели высокую подвижность, для чего нужно приложить достаточное напряжение внешнего поля к детектору. При этом для эффективной регистрации частицы должны доходить до носителей не попадая при этом в ловушки, захватывающие носитель их концентрация соответственно должно быть минимальной на пути частицы.

В-третьих утечки носителей заряда детектора должны быть малыми, при достаточно высоких напряжениях приложенных к детектору для эффективной регистрации излучения. Удовлетворить такую необходимость может материал с достаточно большим сопротивлением, то есть высокоомные полупроводниковые материалы.

В-четвертых, материал должен быть таким, чтобы в сравнительно небольших объемах остановить частицу или поглотить кванты электромагнитного излучения. При регистрации заряженных частиц толщину детектора выбирают, исходя из пробега частицы. Пробег частицы в данных условиях зависит от материала тормозящей среды, то есть от его плотности и атомного номера  $Z$ . Чем плотнее среда и выше атомный номер, используемого в качестве детектора, тем меньше требуемый объем

детектора. В области энергий частиц, относящихся к физике низких энергий, необходимая энергия лежит в диапазоне от нескольких десятков миллиметров до 1 см. Например для регистрации альфа-частиц с энергией 100 МэВ требуется кремниевый детектор толщиной примерно равной 4 мм.

Одним из важных требований, является возможность создания блокирующих контактов, препятствующих поступлению свободных носителей в рабочую область среды. Это осуществляется двумя путями, либо подбором соответствующих материалов, либо  $n^+$  и  $p^+$ - областей путем диффузии или легирования соответствующими примесями.

Все эти условия в равной степени соблюсти невозможно, так как некоторые из них противоречат друг-другу, но наиболее подходящими материалами, с учетом всех условия являются кремний и германий.

### **Типы ППД используемых для спектрометрии $\gamma$ -излучения**

ППД подразделяют на поверхностно-барьерные, диффузионные детекторы  $p-i-n$ -типа, называемые также дрейфовыми, и детекторы на основе очень чистого германия – HPGe-детекторы.

В поверхностно-барьерном детекторе  $n-p$ -переход образуется окислением кислородом поверхности  $n$ -кремния с последующим нанесением тонкого слоя золота на образованный таким способом поверхностный  $p$ -слой. Толщина рабочей области таких детекторов не превышает  $0,2 \div 0,5$  мм, поэтому они используются в основном для регистрации и спектрометрии тяжёлых частиц при энергетическом разрешении единицы кэВ.

Детекторы  $p-i-n$  типа получены, с помощью дрейфа ионов лития в глубь кремния и германия, располагаясь не в узлах решётки, а в междуузлиях. Процесс создания такого детектора заключается в нанесении на  $p$  область тонкого слоя лития, после нагревания ионы лития проникают

вглубь материала полупроводника на глубину около 0,1 мм. образуя тонкий высоколегированный  $n^+$ -слой, затем к этому слою прикладывают напряжение, под действием которого происходит управляемая диффузия ионов лития в  $p$ -полупроводник до тех пор, пока количество ионов лития не станет точно равным количеству акцепторных атомов (это обычно бор). Противоположная поверхность легируется атомами бора, в результате чего образуется тонкий  $p^+$ -слой с высокой проводимостью. Поверхностные  $p^+$ - и  $n^+$ -слои служат электродами.

Кремниевые детекторы могут работать без охлаждения, при этом энергетический эквивалент шума составляет несколько десятков кэВ.

Германиевые детекторы должны работать и храниться при низкой температуре. Хранение при низкой температуре необходимо, чтобы предотвратить необратимый процесс выхода лития из объёма детектора вследствие того, что его внедрено в германий больше, чем должно быть в равновесном растворе  $Li$  в  $Ge$ . Германиевые детекторы получили широкое распространение в  $\gamma$ -спектроскопии из-за высокой разрешающей способности и высокой эффективности регистрации благодаря большому значению  $Z$ . Недостатком германиевых детекторов является большая сложность изготовления.

Детекторы с  $p-i-n$ -переходом из особо чистого германия. Технология изготовления  $HPGe$ -детекторов подобна технологии изготовления  $Li$ -дрейфовых детекторов, исключая стадию дрейфа  $Li$  вглубь  $p$ -кристалла. Здесь между поверхностными  $n^+$ - и  $p^+$ -слоями – электродами находится не скомпенсированный литием германий, а очень чистый германий с концентрацией примесей около  $10^{10} \text{ см}^{-3}$ . При такой концентрации примесей при охлаждении до температуры жидкого азота сопротивление полупроводника возрастает настолько, что становится возможным создание ППД с толщиной чувствительной области около 1 см.  $HPGe$ -детекторы



отличаются исключительно малым уровнем токов утечки и высоким разрешением.

### **3. Полупроводниковый $\gamma$ - спектрометр CANBERRA**

[11] Гамма-спектрометры многоканальные для измерения рентгеновского и гамма-излучения CANBERRA (далее спектрометры CANBERRA) предназначены для измерения энергий, испускаемых радионуклидами квантов рентгеновского или гамма-излучения. Спектрометры CANBERRA предназначены для использования, как в передвижных, так и в стационарных радиометрических лабораториях.

Принцип действия спектрометров CANBERRA основан на регистрации полупроводниковым детектором из особо чистого германия (ОЧГ) квантов рентгеновского или гамма-излучения, испускаемого радионуклидами, присутствующими в среде или объекте, получении спектра амплитудного распределения и выделении в спектре пиков полного поглощения (ППП) квантов рентгеновского или гамма-излучения. По положению ППП в спектре определяют энергии гамма-квантов  $E_i$  (спектрометр предварительно градуируют по энергии с помощью радионуклидных источников гамма излучения). Активность гамма-излучающих радионуклидов, присутствующих в анализируемом образце или объекте, определяют по скоростям счета гамма-квантов в ППП соответствующих энергий с учетом абсолютных интенсивностей гамма-излучения и эффективности регистрации гамма-квантов в ППП, которая устанавливается предварительно путем градуировки спектрометра расчетным или экспериментальным способом по эталонным мерам активности. Спектрометры CANBERRA состоят из:

- Блока детектирования, в состав которого входят:
  - полупроводниковый ОЧГ детектор;
  - предусилитель;

- сосуд с азотным охлаждением (сосуд Дьюара);
- Многоканальный амплитудный анализатор (МКА) с цифровым сигнальным процессором DSA-LX, InSpector-2000 или Lynx,
- Персональный компьютер с программным обеспечением Genie-2000.

Работа спектрометра CANBERRA осуществляется под управлением оператора с помощью программного пакета Genie-2000 на персональном компьютере. Внешний вид компонентов спектрометров CANBERRA представлен на рисунке 6 и может меняться в зависимости от комплектации.



Рис.8. Полупроводниковый блок детектирования с охлаждающим элементом и средством вывода.

Программное обеспечение, управление набором спектров, их вывод на средство для считывания и анализ, калибровки и остальные необходимые операции со спектрометрами CANBERRA выполняются при помощи специального программного обеспечения и методических указаний, установленных на управляющий компьютер. Комплект программного обеспечения, входящего в комплект поставки, включает базовое программное обеспечение Genie-2000. Указанное программное обеспечение предназначено для работы на персональных компьютерах, работающих под управлением операционной системы Windows XP Pro или выше. Базовое

программное обеспечение (ПО) Genie-2000 выполняет следующие основные функции:

- управление многоканальными анализаторами и вывод спектра на экран персонального компьютера;
- запись и чтение спектрометрической информации на диск;
- операции со спектром в различных режимах, ручном и автоматическом (калибровка, поиск и предварительная идентификация пиков, расчет их параметров);
- создание отчетов (отчеты пользователь может редактировать и изменять по своему предположению.)

## **4. Эксперимент**

### **4.1. Планирование эксперимента и пробоподготовка образцов к гамма-спектрометрии**

Грунт был отобран на территории потенциальной застройки в дачном районе города Томска, посёлок Слобода Вольная, ул. Добрая 9 и в Лагерном саду; места пробоотбора указаны на рисунке 9. Для изучения зависимости удельной активности радия-226 от глубины залегания грунтов в поселке Слобода Вольная было отобрано 5 образцов суглинков, массой 1,5-2 кг в поверхностном слое и на глубинах 0,5 м; 1 м; 1,5 м и 2 м. Высушивание образцов проводили при температуре  $\sim 100^{\circ}\text{C}$  до постоянной массы.

Зависимость возможного влияния температуры образцов на результаты измерения была изучена на образцах суглинков массой  $\sim 0,3$  кг, отобранных на глубинах 0,75 м и 1 м в Лагерном саду; всего отобрано 8 образцов. Высушивание образцов, отобранных в Лагерном саду проведено в муфельной печи при температурах  $90^{\circ}\text{C}$ ,  $100^{\circ}\text{C}$ ,  $110^{\circ}\text{C}$ ,  $120^{\circ}\text{C}$ .

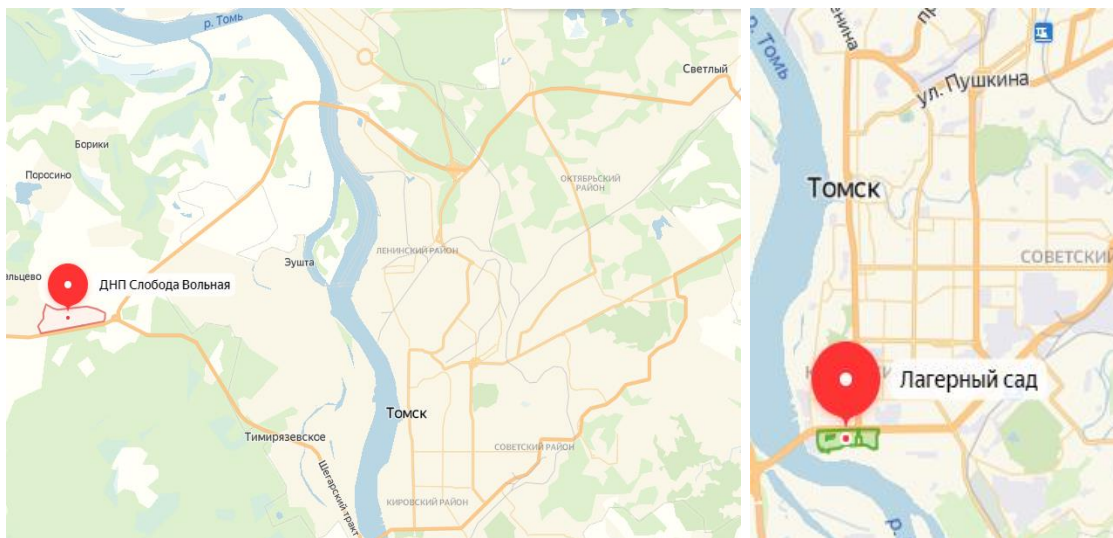


Рис.9. Места пробоотбора.

После высушивания образцов грунт измельчен с помощью ступы и песта, просеян через сито и помещен в сосуды и загерметизирован. Грунт, отобранный в поселке Слобода Вольная, измерен в геометрии сосуда «Маринелли», объем которого составляет 1 л. Грунт, отобранный в Лагерном саду, измерен в геометрии «суши», объем сосуда составлял 50 мл.

#### 4.2. Калибровка спектрометра

Калибровку спектрометра в геометрии «суши» проводили по методическим указаниям к  $\gamma$ -спектрометру «CANBERRA». Для проведения калибровки  $\gamma$ -спектрометра был создан источник соответствующей геометрии с насыпной плотностью 1 г/см<sup>3</sup>, содержащий Eu-152. В контейнер поместили радиоактивный материал с плотностью, близкой к плотности образцов. Затем контейнер герметизировали и устанавливали на спектрометр для измерения его спектров. Масса калибровочного образца составила 40 г, а время экспозиции 244677 с. В результате была получена данные, представленные в Приложении 1.

На основании данных была построена калибровочная кривые, представленные на рисунке 10.

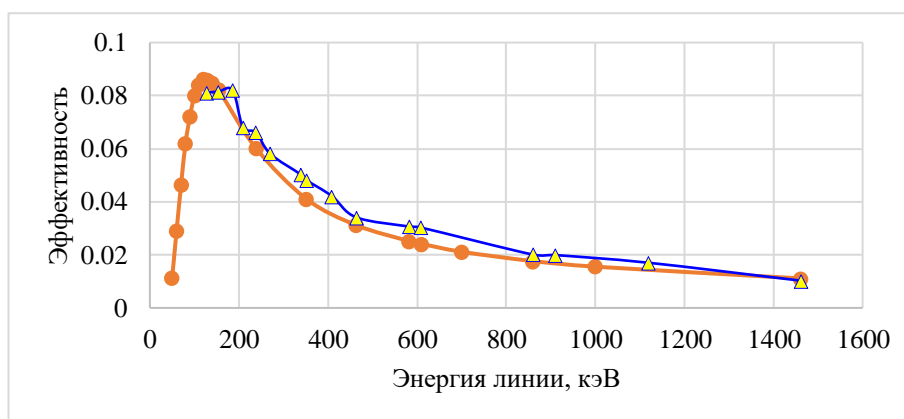


Рисунок 10. Калибровочная кривая по эффективности.

### 4.3. Результаты измерения удельной активности образцов в зависимости от температуры пробоподготовки

В таблице 7 представлены результаты удельной активности образцов в зависимости от температуры высушивания образцов. Погрешность измерений составляла примерно 10%.

Таблица 7. Результаты удельной активности образцов в зависимости от температуры высушивания образцов.

Глубина, м	Масса образца, г	Температура высушивания образца, °C	Удельная активность Бк/кг
0,75	48	90	32±3
	49	100	34±3
	49	110	36±3
	47	120	44±4
1	50	90	20±2
	48	100	25±3
	51	110	37±4
	49	120	34±4

По данным результатов построены графики, представленные на рисунке 11 и 12.

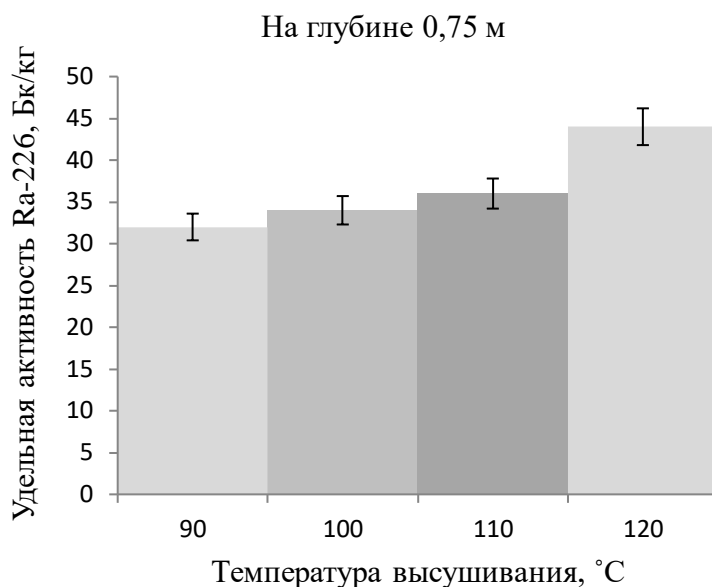


Рис. 11. Зависимость удельной активности от температуры пробоподготовки.

На рисунке 11 представлены гистограммы результатов измерения удельной активности суглинков отобранных на глубине 0,75 м. Видно, что в пределах погрешности измерений удельная активность проб, высушенных при температурах 90°С, 100°С и 110°С в пределах погрешности измерений совпадают и в среднем составляет  $34 \pm 4$  Бк/кг. Удельная активность пробы, высушенной при температуре 120°С ( $44 \pm 5$  Бк/кг), примерно на 20% больше чем при других температурах высушивания.

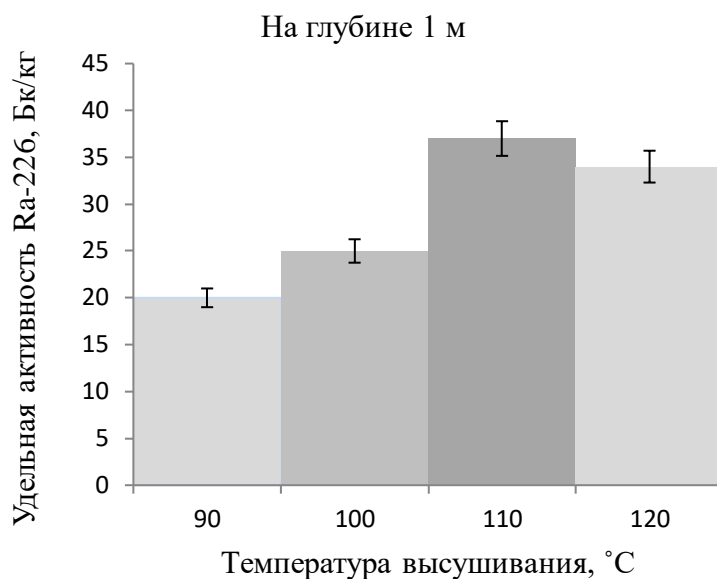


Рис. 12. Зависимость удельной активности от температуры пробоподготовки.

На рисунке 12 представлены гистограммы результатов измерения удельной активности суглинков, отобранных на глубине 1 м. Видно, что в пределах погрешности измерений удельная активность проб, высушенных при температурах 110°C и 120°C совпадают и в среднем составляет  $35,5 \pm 3,6$  Бк/кг. Удельная активность пробы, высушенной при температуре 90 °C и 100°C примерно на 30% меньше, чем при температурах высушивания 110°C и 120°C.

Сравнивая результаты, полученные с двух глубин, можно отметить общую тенденцию увеличения удельной активности радия-226 с ростом температуры высушивания грунта от 100°C и выше. Возможно, полученный результат связан с неточным соблюдением методики пробоподготовки, в частности, возможно сохранения небольшого количества влаги в некоторых образцах. Из выше сказанного следует, что методика пробоподготовки грунтов к гамма-спектрометрии требует дополнительного изучения.

#### 4.4. Результаты измерения удельной активности образцов в зависимости от глубины залегания грунта

В таблице 8 и на рисунке 13 приведены результаты измерения удельной активности суглинков, отобранных на разных глубинах.

Таблица 8. Результаты измерения удельной активности суглинков, отобранных на разных глубинах.

Глубина, м	Масса, кг	Удельная активность, Бк/кг
Поверхность	1,9	38± 2
0,5	1,88	71± 3
1	1,9	76±4
1,5	1,9	77±4
2	1,85	74±4

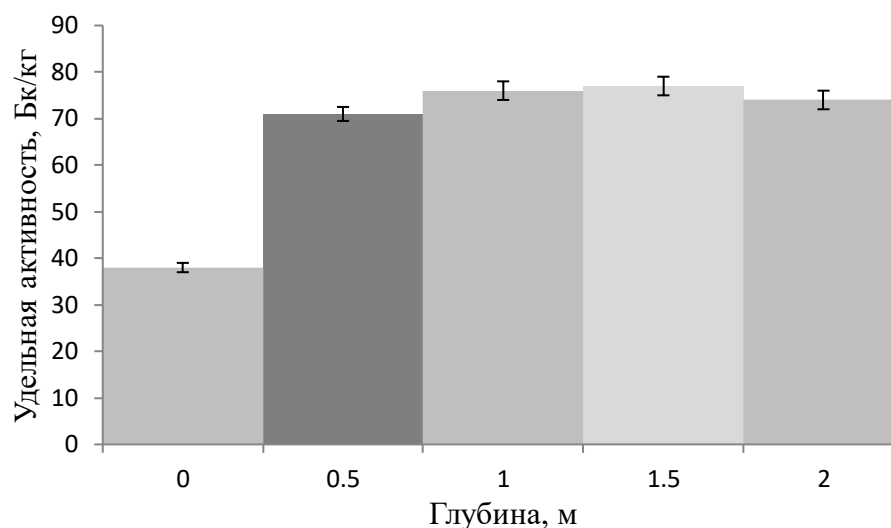


Рис.13. Зависимость удельной активности от глубины залегания грунта.

Видно, что в пределах погрешности измерений удельная активность образцов, отобранных с глубин 0,5 м; 1 м; 1,5 м; 2 м, примерно одинакова и в



среднем составляет  $75 \pm 4$  Бк/кг. Удельная активность радия-226 поверхностного слоя суглинка примерно в два раза меньше -  $38 \pm 2$  Бк/кг.

## 5. Заключение

- Подобрана литература по теме исследования.
- Изучен принцип действия и устройства полупроводникового  $\gamma$ -спектрометра.
- Отобраны грунты с разных глубин (кол-во проб)
- Подготовлены грунты для  $\gamma$ -спектрометрии.
- Произведена калибровка спектрометра CANBERRA для геометрии «суши».
- Изучены зависимости результатов измерений удельной активности радия от температуры высушивания пробы грунта.
- Проведены измерения содержания Ra-226 пробах грунта, отобранных на разных глубинах залегания.
- Проведен анализ полученных результатов.

На основе проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- Удельная активность радия-226 суглинков в пределах погрешности измерений не меняется на глубинах от 0,5 метров до 2 метров; удельная активность радия-226 поверхностного слоя суглинка примерно в два раза меньше.
- Оценки радоноопасности территорий, основанные на использовании данных о содержании урана/радия в поверхностном слое грунта, являются недостоверными.
- Методика пробоподготовки грунтов к гамма-спектрометрии требует дополнительного изучения.

## **6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

### **6.1 Предпроектный анализ**

В настоящее время ценность любого научного исследования определяется не столько новизной и глобальностью открытия, заложенного в работу, сколько практической направленностью данной разработки, а именно, возможность широкого использования в предполагаемом сегменте рынка. Критерием по оценке данной практичности в первую очередь является коммерческая ценность. Оценка данного критерия позволит предположить перспективу исследования, с возможностью финансирования и поддержки со стороны заинтересованных лиц, в том числе организаций и государства.

Не стоит забывать, что привлекательность работы для коммерческих предприятий растет не только с наличием принципиально инновационных методик по разработке объекта, но и тем насколько данная методика применима и окупаема. Поэтому перед разработчиком стоит цель проводить исследования направленные на изучение возможных затрат на реализацию и оценку прибыли, полученной во время эксплуатации данной разработки и т.д.

Достижение данной цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

### 6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Результатом исследования являются трехмерные модели биологических тканей человека, созданные для дальнейшего изготовления антропоморфных индивидуальных фантомов на 3D-принтерах.

Целевым рынком данной работы будут являться в основном медицинские учреждения и государственные корпорации в научной и космических отраслях, а также в сфере образования. Результаты сегментирования представлены на рисунке 14.

		Изучение зависимости удельной активности Ra-226 в суглинках города Томска от глубины залегания			
		Научная отрасль	Космическая отрасль	Образовательная отрасль	Строительная отрасль
Потребность	Сильная				
	Слабая				

Рисунок 14 – Карта сегментирования рынка услуг по использованию изучения зависимости удельной активности Ra-226 в суглинках города Томска от глубины залегания

Таким образом, на рисунке 14 представлены основные потребители разработанных моделей.

### 6.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его

технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации. Определены следующие технические критерии оценки:

— Время наработки данных – технические характеристики вычислительных технологий.

— Помехоустойчивость – способность устройства выполнять свои функции при наличии помех.

— Мобильность – возможность передвижения установок для работы в различных местах.

— Потребность в ресурсах памяти – технические характеристики вычислительных технологий.

— Наличие отходов – чистота производства.

— Простота в эксплуатации – удобство в использовании.

— Наличие дорогостоящего оборудования – возможность использования современного оборудования.

— Помимо технических критериев оценки ресурсоэффективности определены также и экономические критерии оценки:

— Конкурентоспособность продукта – соотношение достоинств и недостатков различных способов обеспечения, с помощью полученных материалов и объектов, точной диагностики в лучевой терапии.

— Стоимость реализации проекта – оценка финансовых затрат на реализацию проекта.

— Трудоемкость – количество времени, затрачиваемого на производство единицы продукции.

— Финансирование научной разработки – поддержка государством или инвесторами.

В таблице 9 приведена оценочная карта сравнения конкурентных технических решений.

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Время наработки данных	0,05	3	4	1	0,15	0,2	0,05
2. Помехоустойчивость	0,1	3	4	3	0,3	0,4	0,3
3. Мобильность	0,01	5	3	5	0,05	0,03	0,05
4. Потребность в ресурсах памяти	0,07	5	3	2	0,35	0,21	0,14
5. Наличие отходов	0,07	5	3	5	0,35	0,21	0,35
6. Простота в эксплуатации	0,1	5	3	1	0,5	0,3	0,1
7. Наличие дорогостоящего оборудования	0,2	4	5	5	0,8	1	1
Экономические критерии оценки эффективности							
8. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
9. Цена	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
10. Финансовая эффективность научной разработки	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
11. Трудоемкость	0,1	4	5	1	0,4	0,5	0,1
Итого	1				4,3	4,15	3,39

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i * B_i = 4,3 \quad (4.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  
 $V_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Полученные данные в таблице 4.1 позволяют говорить о том, что исследование является эффективным, так как обеспечивает приемлемое качество результатов. Дальнейшее инвестирование данной разработки можно считать целесообразными.

### 6.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT-анализ заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. SWOT-анализ данного научно-исследовательского проекта представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта	Сильные стороны проекта			
	C1	C2	C3	C4
B1	+	+	+	+
B2	+	+	+	+
B3	+	+	+	+
B4	+	+	+	+

В матрице пересечения сильных сторон и возможностей имеет определенный результат: «плюс» – сильное соответствие сильной стороны и возможности, «минус» – слабое соотношение.

В результате была составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 10.

Таблица 11 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1.Актуальность предлагаемого решения.</p> <p>С2.Применение современного оборудования и программного обеспечения.</p> <p>С3.Бюджетное финансирование.</p> <p>С4.Получение результатов высокой точности</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1.Малое количество результатов.</p> <p>Сл2.Необходимость экспериментального подтверждения результатов</p> <p>Сл3.Необходимость ручного редактирования</p> <p>Сл4.Ограниченный круг потребителей</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1.Использование разработки для дальнейших исследований.</p> <p>В2.Разработка процедур и регламентов для создания новых критериев оценки радоноопасности.</p> <p>В3.Расширение возможностей данной разработки.</p> <p>В4.Спрос на результаты исследования при проведении новых измерений.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:</p> <p>1. Полное обеспечение условий для применения расчетов.</p> <p>2. Заинтересованность различных организаций и групп ученых в проведенных исследованиях.</p> <p>3. Высокая точность получаемых результатов позволяет повысить спрос на разработку.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:</p> <p>1.Экспериментальное подтверждение полученных результатов может быть только частично реализовано в НИ ТПУ.</p> <p>3. Круг потребителей можно увеличить, если повысить количество исследуемых грунтов, а также еще более упростить алгоритм работы с разработкой.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1.Низкий спрос со стороны заказчиков.</p> <p>У2.Вероятность разработки подобных методов другими организациями.</p> <p>У3.Сложность продвижения разработки.</p> <p>У4.Отсутствие возможности проведения сложных экспериментов.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»:</p> <p>1.Благодаря возможностям и простоте алгоритмов разработки и своевременному финансированию продвижение на рынок может стать успешным.</p> <p>2.Дополнительное финансирование позволит провести дальнейшие исследования в улучшении разработки.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»:</p> <p>1.Сотрудничество с заинтересованными организациями поможет облегчить процесс проведения сложных экспериментов.</p>

На основе результатов анализа данной матрицы можно сделать вывод о том, что трудности и проблемы, с которыми так или иначе может столкнуться данный исследовательский проект можно будет решить за счет имеющихся сильных сторон разработки.



## 4.2 Планирование управления научно-техническим проектом

### 4.2.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работы – это детализация укрупненной структуры работы. На рисунке 15 представлена иерархическая структура работы для данного исследования.

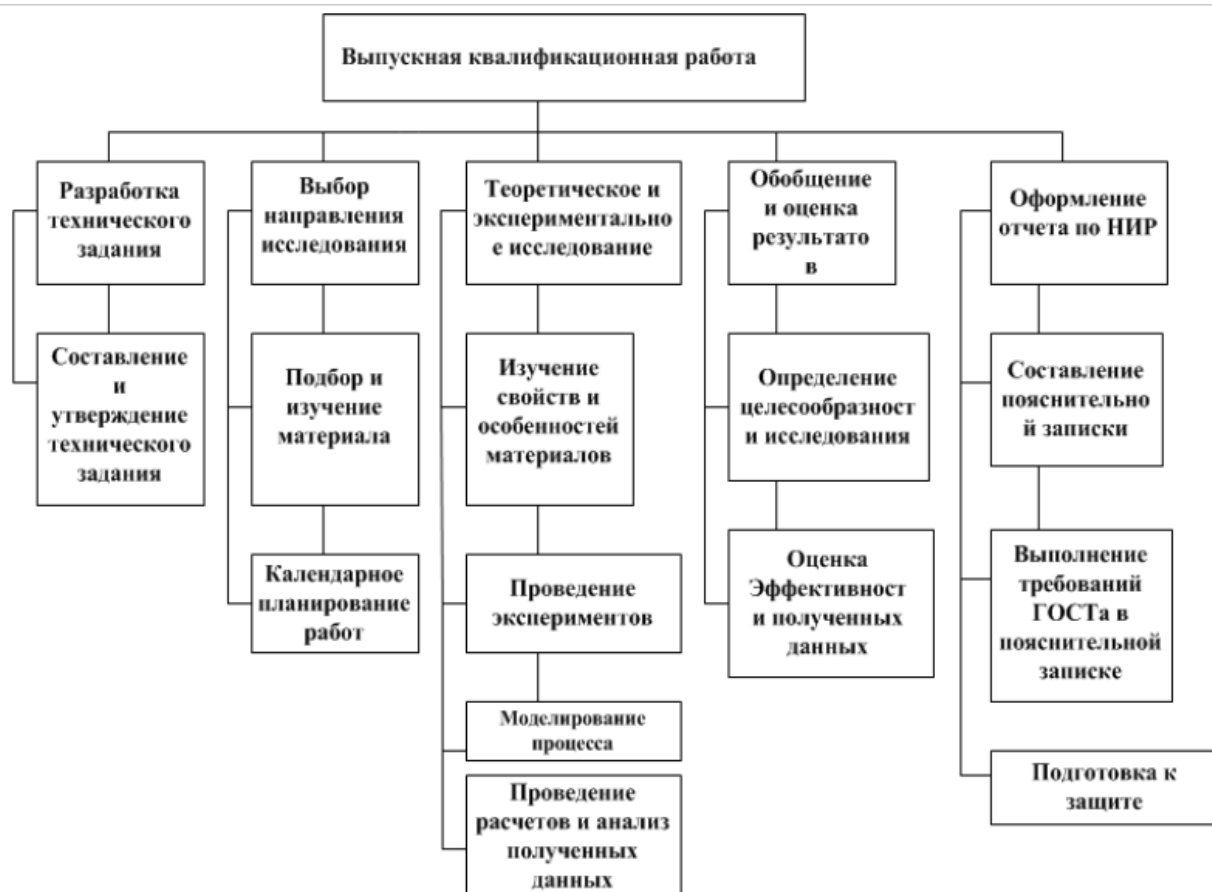


Рисунок 15 - Иерархическая структура работы

## 6.2.2 Контрольные события проекта

Данный раздел освещает основные события проекта, их результат и даты. Информация сведена в таблице 12.

№	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Разработка технического задания	7.02.2019- 10.02.2019	Приказ о ВКР
2	Составление и утверждение технического задания	10.02.2019- 15.02.2019	Задание на выполнение исследования
3	Выбор направления исследований	15.02.2019	-
4	Подбор и изучение материалов по теме	15.02.2019- 20.02.2019	Отчёт
5	Календарное планирование работ	20.02.2019	План работ
6	Изучение программного обеспечения	05.03.2019	Отчёт
7	Пробоотбор	15.03.2019	Отчёт
8	Просушивание грунтов	15.03.2019- 30.04.2019	Отчёт
9	Пробоподготовка	25.03.2019- 10.05.2019	Отчет
10	Разработка методики эксперимента	30.03.2019- 30.04.2019	Методика
11	Проведение эксперимента	30.04.2019- 20.05.2019	-
12	Обобщение и оценка результатов	25.05.2019	Отчёт
13	Составление пояснительной записки	14.02.2019- 25.05.2019	Пояснительная записка
14	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	27.05.2019	
15	Подготовка к защите	05.05.2019- 30.05.2019	

## 6.2.3 План проекта

После составления контрольных событий проекта формулируется план проекта – порядок этапов и работ, выполняемых рабочей группой, состоящей из научного руководителя и бакалавра. С планом проекта можно ознакомиться в таблицах 13 и 14.

Таблица 13 – Порядок составления этапов и работ

№	Контрольное событие	Длительность Кал. дней	Дата	Результат (подтверждающий документ)	Состав участников
1	Разработка технического задания	3	7.02.2019-10.02.2019	Приказ о ВКР	руководитель
2	Составление и утверждение технического задания	5	10.02.2019-15.02.2019	Задание на выполнение исследования	руководитель студент
3	Выбор направления исследований	1	15.02.2019	-	руководитель студент
4	Подбор и изучение материалов по теме	5	15.02.2019-20.02.2019	Отчёт	руководитель студент
5	Календарное планирование работ	1	20.02.2019	План работ	студент
6	Изучение программного обеспечения	13	20.02.2019-05.03.2019	Отчёт	студент
7	Пробоотбор	10	05.03.2019-15.03.2019	Отчёт	студент
8	Просушивание грунтов	46	15.03.2019-30.04.2019	Отчёт	студент
9	Пробоподготовка	46	25.03.2019-10.05.2019	Отчет	студент
10	Разработка методики эксперимента	31	30.03.2019-30.04.2019	Методика	студент руководитель
11	Проведение эксперимента	20	30.04.2019-20.05.2019	-	студент руководитель
12	Обобщение и оценка результатов	1	25.05.2019	Отчёт	студент
13	Составление пояснительной записки	100	14.02.2019-25.05.2019	Пояснительная записка	студент руководитель
14	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	1	27.05.2019		студент
15	Подготовка к защите	25	05.05.2019-30.05.2019		студент



В ходе научного исследования был построен ленточный график в форме диаграмм Гантта, таблица 4.6. Диаграмма Гантта – горизонтальный ленточный график, на котором плановые работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 14 – Календарный график проведения ВКР

Содержание работ		Тк, кал дни	Время выполнения работ											
			февраль			март			апрель			май		июнь
1	Разработка технического задания	3	■											
2	Составление и утверждение технического задания	5		■										
3	Выбор направления исследований	1			■									
4	Подбор и изучение материалов по теме	5			■									
5	Календарное планирование работ	1				■								
6	Изучение программного обеспечения	13				■	■	■						
7	Пробоотбор	10					■	■	■	■	■			
8	Просушивание грунтов	46							■	■	■	■	■	■
9	Пробоподготовка	46							■	■	■	■	■	■
10	Разработка методики эксперимента	31										■	■	■
11	Проведение эксперимента	20										■	■	■
12	Обобщение и оценка	1												■

	результатов													
--	-------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Продолжение таблицы 14 – Календарный график проведения ВКР

13	Составление пояснительной записки	100	[Redacted]											
14	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	1												
15	Подготовка к защите	25									[Redacted]			
Руководитель - 										Бакалавр - 				

### **6.3 Бюджет научно-технического исследования**

При планировании бюджета научно-технического исследования должно быть обеспечено полное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе расчета бюджета научно-технического исследования используется следующая группировка затрат по статьям:

1. Материалы
2. Затраты на оплату труда работников
3. Отчисления во внебюджетные фонды
4. Спецоборудование для научных и экспериментальных работ
5. Прочие прямые расходы
6. Накладные расходы

Статьи 1-7 относятся к прямым затратам, величину прямых затрат, как правило, следует определять прямым счетом, это затраты, связанные непосредственно с выполнением конкретного научно-технического исследования, остальные затраты рассчитываются косвенным способом, это затраты на содержание общетехнических служб.

#### **6.3.1 Расчет материальных затрат**

Основными затратами в данной исследовательской работе являются затраты на электроэнергию и приобретение канцелярских товаров. Основными устройствами, потребляющими электроэнергию, являлись: персональный компьютер ASUS. Для оформления пояснительной записки и выполнения расчетов в течение 440 часов использовался компьютер ASUS, мощность которого составляет 140 Вт. Результаты расчётов по затратам на материалы приведены в таблице 15.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C = C_{эл} * P * F_{об} = 4,30 * 0,14 * 440 = 264,9 \text{ руб.} \quad (2)$$

где  $C_{эл}$  - тариф на электроэнергию (4,30 руб. за 1 кВт\*ч);  $P$  - мощность оборудования, кВт;  $F_{об}$  - время использования оборудования, ч.

Рассчитываем затраты на приобретения оборудования, используемого в проведении работы. Специальное оборудование, используемое для работы, входит в виде амортизационных отчислений за период использования. Цена компьютера ASUS составляет 45 тысяч рублей, срок службы 3 года. Исходя из этого, были рассчитаны амортизационные отчисления и норма амортизации для данных средств.

Расчет амортизационных отчислений ведется по формуле:

$$A = \frac{H_A * C * T_0}{365 * 100\%}, \quad (3)$$

где  $A$  – амортизационные отчисления, руб.;  $C$  - стоимость оборудования, руб.;  $H_A$  - годовая норма амортизации, %;  $T_0$  – время использования оборудования, ч.

Годовая норма амортизации для персонального компьютера ASUS составляет 10 %.

Рассчитаем амортизационные отчисления за период использования ПК ASUS:

$$A = \frac{H_A * C * T_0}{3 * 365 * 100\%} = \frac{10 * 45000 * 90}{1095 * 100\%} = 369,86 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления по единицам оборудования приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Амортизационные отчисления по единицам используемого оборудования.

Наименование оборудования	Количество	С, руб.	$H_A$ , %	$T_0$ , дни	А, руб.
Персональный компьютер	1	45000	10	90	369,86
Итого, руб.:					369,86

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 16.

Таблица 16 – Расходы на материалы

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб
Пластиковые емкости	-	20 шт.	10	200
Азот	-	20 л.	50	1000
Электроэнергия	-	400кВт*ч	4,3	1720
Бумага	Снегурочка	1 пачка	270	270
Ручка	MaxRitter	4	50	200
Доступ в интернет	КЦ	5 месяца	350	1750
Всего материалов				5140
Транспортно-заготовительные расходы				0
Итого				5140

### 6.3.2 Расчет амортизации оборудования для экспериментальных работ

Данная статья включает в себя все затраты, связанные с приобретением нужного оборудования, необходимого для проведения научной работы.

В данной работе к спецоборудованию, необходимому для проведения экспериментальных работ, а именно создание материалов и объектов относится гамма - спектрометр для проведения измерений «CANBERRA», стоимость которого составляет 5000000 руб., назначенный срок службы - 10 лет. Измерение образцов занимает 48 часов при мощности оборудования 220 Вт.

Таким образом, рассчитаем затраты на электроэнергию по формуле для устройства «CANBERRA»:

$$C = C_{эл} * P * F_{об} = 4,30 * 0,22 * 48 = 45,4 \text{ руб.} \quad (4)$$

где  $C_{эл}$  - тариф на электроэнергию (4,30 руб. за 1 кВт\*ч);  $P$  - мощность оборудования, кВт;  $F_{об}$  - время использования оборудования, ч.

Рассчитываем затраты на приобретения оборудования, используемого в проведении работы. Специальное оборудование, используемое для работы, входит в виде амортизационных отчислений за период использования.



Исходя из данных, представленных выше, были рассчитаны амортизационные отчисления и норма амортизации для данных средств. Годовая норма амортизации для устройства «CANBERRA» составляет 10 %.

Рассчитаем амортизационные отчисления для устройства «CANBERRA»:

$$A = \frac{H_A * C * T_0}{10 * 365 * 100\%} = \frac{10 * 5000000 * 90}{3650 * 100\%} = 12328,76 \text{ руб.},$$

где  $A$  – амортизационные отчисления, руб.;  $C$  - стоимость оборудования, руб.;  $H_A$  - годовая норма амортизации, %;  $T_0$  – время использования оборудования, ч.

Амортизационные отчисления по единицам оборудования приведены в таблице 17.

Наименование оборудования	Количество	$C$ , руб.	$H_A$ , %	$T_0$ , дни	$A$ , руб.
CANBERRA	1	5000000	10	90	12328,76
Итого, руб.					12328,76

### 6.3.3 Затраты на оплату труда исполнителей научно-технического исследования

Статья включает основную заработную плату работников (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{ЗП} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата научного руководителя рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1. Оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор.

2. Стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных

обязанностей и т.д. Дополнительная заработная плата включает оплату за непроработанное время (очередной и учебный отпуск, выполнение государственных обязанностей, выплата вознаграждений за выслугу лет и т.п.) и рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}, \quad (6)$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата в рублях;  $K_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата в рублях.

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = T_{\text{раб}} * Z_{\text{дн}}, \quad (7)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;  $T_{\text{раб}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником в рабочих днях;  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника в рублях.

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{T_{\partial}}, \quad (8)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

а) при отпуске в 56 раб. дн.  $M = 10,1$  месяца, 5-дневная неделя;

б) при отпуске в 48 раб. дн. месяца, 6-дневная неделя.  $M = 10,4$

$T_{\partial}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 18).

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные, праздники):	118	118
-выходные;	100	100
-праздничные.	18	18
Отпуск	45	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	218	232

Инженер во время написания диплома ежемесячно получает стипендию в размере 2400 руб. Основная заработная плата научного руководителя рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда предполагает следующий состав заработной платы:

- оклад – определяется предприятием;
- стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.;
- доплата за работу во вредных условиях труда;
- оперативная премия.

Для расчёта месячного должностного оклада работника применяется формула:

$$Z_m = Z_{ок} * k_z, \quad (9)$$

где  $Z_{ок}$  – заработная плата по окладу, руб.;  $k_z$  – зонный коэффициент, равный 1,2.

Руководителем данной научно-исследовательской работы является сотрудник в должности старший научный сотрудник лаборатории № 40 технической томографии и интроскопии Инженерная школа неразрушающего контроля Томского политехнического университета окладом 26100 руб. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 19.

Таблица 19 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{ок}$ , руб.	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_{раб}$ , дн	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	26100	31320	1451	8	11608
Инженер	2400	2880	129	63	8127
Итого $Z_{осн}$ :					19735

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за

отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15 % от основной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} * k_{\text{доп}}, \quad (9)$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы;  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

Примем коэффициент дополнительной заработной платы для научного руководителя равным 15 %. Результаты расчёта основной и дополнительной заработной платы исполнителей научного исследования представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Заработная плата исполнителей исследовательской работы

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	11608	8127
Дополнительная зарплата, руб.	1741	1219
Зарплата исполнителя, руб.	13349	9346
Итого по статье $C_{\text{зп}}$ , руб.	22695	

#### 6.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (10)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и т.д.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Для

учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2019г. водится пониженная ставка 28% (п. 6 ч. 1 ст. 58 Закона 212-ФЗ).

$$k_{\text{внеб}} = k_{\text{пф}} + k_{\text{с}} + k_{\text{пн}}, \quad (11)$$

где  $k_{\text{пф}}$  – коэффициент отчисления в пенсионный фонд;  $k_{\text{с}}$  – коэффициент отчисления страховых взносов;  $k_{\text{пн}}$  – коэффициент отчисления в подоходный налог.

$$k_{\text{внеб}} = 0,28$$

Таким образом отчисления во внебюджетные фонды от затраты на оплату труда руководителя вычисляются следующим образом:

$$З_{\text{внеб}} = 0,28 * 13349 = 3337,25$$

Отчисления во внебюджетные фонды от затраты на оплату труда инженера вычисляются следующим образом:

$$З_{\text{внеб}} = 0,28 * 9346 = 2616,9$$

### 6.3.5 Накладные расходы

В данную статью входят расходы на содержание аппарата управления и общехозяйственных служб. По этой статье учитываются оплата труда административно-управленческого персонала, содержание зданий, оргтехники и хоз. инвентаря, амортизация имущества, расходы по охране труда и подготовке кадров.

Накладные расходы в ТПУ составляют 50-80 % от суммы основной и дополнительной зарплаты работников, участвующих в выполнении темы. Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (12)$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов, равный 60 %.

Накладные расходы составят:

$$C_{\text{накл}} = 1,6 * 22695 = 36312 \text{ руб.}$$

## 6.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 21 – Расчет бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты исследования	5140
2. Амортизационные отчисления	12698,62
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	19735
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	2960
5. Отчисления во внебюджетные фонды	5954,13
6. Накладные расходы	36312
Бюджет затрат исследования	82799,75

## 6.5 Определение ресурсной эффективности исследования

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (13)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^b$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности данного исследования представлен в форме таблицы 22.

Таблица 22 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	2
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	5	3
3. Помехоустойчивость	0,15	4	4	2
4. Энергосбережение	0,20	5	4	3
5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	3	4
ИТОГО	1	4,3	4	3,15

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_i}{\Phi_{max}}, \quad (14)$$

где  $\Phi_i$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения НТИ (в т.ч. аналоги).

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{max}} = \frac{82799,75}{90000} = 0,91;$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{max}} = \frac{110000}{82799,75} = 1,32;$$

$$I_{\Phi}^{a2} = \frac{\Phi_{a2}}{\Phi_{max}} = \frac{90000}{82799,75} = 1,09.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{финр}^p$ ) и аналога ( $I_{финр}^a$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{\Phi}^p}, \quad (15)$$

$$I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_{\Phi}^a}, \quad (16)$$

$$I_{финр}^p = \frac{4,3}{0,91} = 4,73;$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{4}{1,32} = 3,03;$$

$$I_{\text{финр}}^{a2} = \frac{3,15}{1,09} = 2,88.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_m^p}. \quad (17)$$

Таблица 23– Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки и аналогов	4	3,15	4,3
Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки и аналога	3,03	2,88	4,73
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,76	0,91	1,1

На основе расчета интегрального показателя с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности научного исследования можно заключить что, сравнительная оценка текущего проекта выше других аналогов.

## 7. Социальная ответственность

В современных условиях одним из основных направлений коренного улучшения всей профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда, то есть путем объединения разрозненных мероприятий в единую систему целенаправленных действий на всех уровнях и стадиях производственного процесса.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих



безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда (Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07.1999 г. № 181-ФЗ) [12].

Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководящими, инженерно-техническими работниками.

Опасным производственным фактором, согласно [12], называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определенных условиях, приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

## **7.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов**

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические. Опасные и вредные факторы, сформированные производственным процессом, приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Обработка результатов измерений на ПК	Электромагнитное излучение, шум, вибрация	-	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»
		Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
	-	Пожарная безопасность	Пожаро- и взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность

При проведении исследования и обработке результатов измерений на ПК на студента воздействуют следующие факторы:

- физические:
  - температура и влажность воздуха;
  - шум;
  - статическое электричество;
  - электромагнитное поле низкой частоты;
  - освещённость;
  - наличие излучения;
- психофизиологические

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

## 7.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПК.

### 7.2.1 Организационные мероприятия

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому, присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальная удостоверение.

Лица, обслуживающие электроустановки не должны иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.

### 7.2.2 Организация рабочего места оператора ПК

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как на рисунке 9.

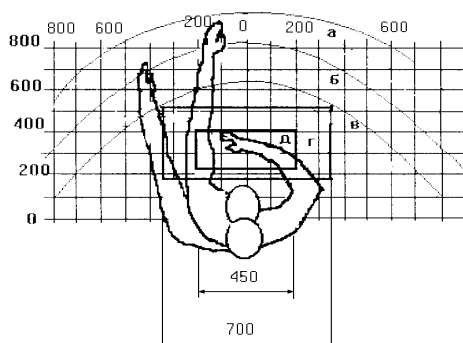


Рисунок 16 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а – зона максимальной досягаемости рук; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук: *дисплей* размещается в зоне а (в центре); *клавиатура* – в зоне г/д; *системный блок* размещается в зоне б (слева); *принтер* находится в зоне а (справа); *документация*: в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола – литература, не используемая постоянно.

При выборе рабочего места, а именно письменного стола должны быть учтены следующие требования:

- высота рабочей поверхности не должна превышать 680 – 800 мм;
- высота рабочей поверхности для клавиатуры не должна быть больше 650 мм.
- ширина рабочего стола не должна быть менее 700 мм, а его длина не менее 1400 мм соответственно;
- под столом должно быть пространство для ног, в длину не менее 600 мм, в ширину – не менее 500 мм, глубина пространства на уровне колен должна быть не менее 450 мм, а на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Рабочее кресло должно иметь возможность регулировки по высоте и углам наклона сиденья и спинки. Рекомендуемая высота сиденья от уровня пола не должна превышать 450 – 550 мм. Благодаря специальной конструкции рабочего кресла оно должно обеспечивать глубину и ширину поверхности сиденья 400 мм, с возможностью заглубления переднего края.

Компьютерный монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии от 500 до 600 мм. Выбор монитора следует производить с учетом возможности регулировки яркости и контрастности

изображения на экране. Также должна предусматриваться возможность регулировки экрана монитора:

- по высоте +3 см;
- наклон относительно вертикали 10 – 20 градусов;
- в левом и правом направлениях.

Для комфортной работы за клавиатурой ее следует располагать на расстоянии от 100 до 300 мм от края рабочей поверхности. Положение клавиатуры должно быть обеспечено таким образом, чтобы она располагалась на уровне локтя оператора и имела угол наклона к горизонтальной поверхности в 15 градусов. Для обеспечения максимально комфорта во время работы конструкция клавиш должна иметь четырехугольную форму с закругленными углами, а поверхности иметь вогнутую форму. Также конструкция клавиш должна обеспечивать оператору ощущение щелчка при нажатии, для этого лучше всего подходят механические клавиатуры. Цвет клавиш должен совпадать с цветом рабочей панели.

В случае если работа оператора предполагает однообразную умственную работу, которая требует значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, то лучше всего выбирать неяркие, малоконтрастные цветовые оттенки (слабонасыщенные оттенки холодного голубого или зеленого цветов), которые не ослабляют внимание. Если работа требует большой умственной и физической напряженности, тогда следует использовать более теплые оттенки, которые способствуют повышению концентрации внимания.

### **7.2.3 Условия безопасной работы**

Основные параметры, характеризующие условия труда это: микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с [12] и приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	23-25	40-60	0,1
Тёплый	23-25	40	0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м<sup>3</sup> на человека – не менее 30 м<sup>3</sup> в час на человека; при объёме помещения более 40 м<sup>3</sup> на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность – 40%, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом – 20-25 °С, зимой – 13-15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ.

Экран (ЖК-монитор) и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Приемлемые уровни электромагнитного поля на рабочем месте, а именно на расстоянии 50 см от экрана монитора не должны превышать значений, которые представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Допустимые уровни параметров электромагнитного поля

Наименование параметров		Величина допустимого уровня
Напряженность электромагнитного поля	Диапазон частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	Диапазон частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	Диапазон частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	Диапазон частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- 1) увеличение расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);

2) применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

### **7.3 Электробезопасность**

[14] В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ЭВМ и другими электрическими установками в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами.

Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.

Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, механическое и биологическое воздействие.



Термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагреве кровеносных сосудов и других органов, в результате чего в них возникают функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока характеризуется разложением крови и других органических жидкостей, что вызывает нарушения их физико-химического состава.

Механическое действие тока проявляется в повреждениях (разрыве, расслоении и др.) различных тканей организма в результате электродинамического эффекта.

Биологическое действие тока на живую ткань выражается в опасном возбуждении клеток и тканей организма, сопровождающемся произвольными судорожными сокращениями мышц. В результате такого возбуждения может возникнуть нарушение и даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения.

Причинами смерти от воздействия электрического тока могут быть остановка сердца или его фибрилляция. Фибрилляция (от лат. fibra - волокно). Хаотическое сокращение отдельных волокон сердечной мышцы, не способное поддерживать его эффективную работу и самостоятельно (без энергичных лечебных мер) не проходящее. Прекращение дыхания и электрический шок – своеобразная нервно-рефлекторная реакция организма в ответ на сильное раздражение электрическим током, сопровождающаяся расстройством кровообращения, дыхания, обмена веществ и т.д. Шоковое состояние может продолжаться от нескольких десятков минут до суток. При длительном шоковом состоянии может наступить смерть.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:

- отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы.
- вывешивание плакатов, указывающих место работы

- заземление корпусов всех установок через нулевой провод.
- покрытие металлических поверхностей инструментов надежной изоляцией
- недоступность токоведущих частей аппаратуры (заключение в корпуса электро-поражающих элементов, заключение в корпус токоведущих частей).

## **7.5 Пожарная и взрывная безопасность**

Согласно [15] в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины загорания:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорючих или трудно сгораемых материалов;
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

1. Сообщить руководству (дежурному).
2. Позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС (112).
3. Принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

## Список литературы

1. А.М. Маренный, А.А. Цапалов, А.В. Пенезев, Д.С.Быстрых. Методические указания МУ 2.6.1.038-2015. «Оценка потенциальной радоноопасности земельных участков под строительство жилых, общественных и производственных зданий». Москва, 2016 г.
2. J. Swakon´, K. Kozak, M. Paszkowski, R. Gradzin´ski, J. qoskiewicz, J. Mazur, M. Janik, J. Bogacz, T. Horwacik, P. Olko. Radon concentration in soil gas around local disjunctive tectonic zones in the Krakow area // Journal of Environmental Radioactivity 2004 № 78 p. 137–149.
3. T. Kovács, A. Gregorič, J. Vaupotič. Radon emanation of soils from different lithological units. // Carpathian journal of earth and environmental sciences 2013. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, May 2013, Vol. 8, No. 2, p. 185 – 190.
4. L. Mabit, P. Dornhofer, P. Martin, A. Toloza, V. Zupanc. Depth distribution of selected geogenic radionuclides (K-40 Ra-226 Th-232) and anthropogenic Cs-137 in an undisturbed forest soil in East Slovenia 34 (2001) 423–426.
5. Kh. Haddad\*, M.S. Al-Masri, A.W. Doubal. Determination of <sup>226</sup>Ra contamination depth in soil using the multiple photopeaks method. Journal of Environmental Radioactivity 128 (2014) 33e37
6. Экологическое поведение радия. стр. 323-342. // TECHNICAL REPORTS SERIES» № 310. (1990 г.)
7. Балдин С.А., Вартанов Н.А., Ерыхайлов Ю.В., Иоаннесянц Л.М., Матвеев В.В., Сельдяков Ю.П. Прикладная спектрометрия с полупроводниковыми детекторами. «Атомиздат» г. Москва Глава 5. Спектрометрия жесткого γ-излучения. С. 178-228.
8. Акимов Ю.К., Игнатъев О.В., Калинин А.И., Кушнирук В.Ф. Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике. «Энергоатомиздат», г. Москва.

9. Электронный ресурс. Основные типы взаимодействия излучения с веществом. [URL: <https://www.ld-didactic.de/software/524221de/Content/Appendix/ComptonSpectrum.htm>].  
Дата обращения: 10.11.2018 г.
10. Электронный ресурс. Основы гамма – спектрометрии. [URL: <http://aes.pp.ua/RSafety/P11-06.htm>] Дата обращения: 25.12.2018 г.
11. ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ «CANBERRA»  
Приложение к свидетельству № 586811 об утверждении типа средств измерений.
12. Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07.1999 г. № 181-ФЗ.
13. Назаренко О.Б. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2001. – 87 с.
14. ГОСТ 12.1.019-79. Электробезопасность.
15. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы».

Приложение 1. Таблица  $\gamma$ -спектрометрии калибровочного образца

Радионуклид	Энергия линии	Квантовый выход	Эффективность для суши	Чистая площадь	Активность, Бк	Удельная активность, Бк/кг
Ac-228	128	0,0245	0,0811778	52400	107,679933	2691,998324
	154	0,0074	0,0815	16500	111,8153606	2795,384016
Ra-226	186	0,035	0,082044742	18200	25,9035594	647,5889849
Ac-228	209	0,0388	0,068	51100	79,15659693	1978,914923
Pb-212	238	0,446	0,06621654	986000	136,4527926	3411,319816
Ac-228	270	0,0343	0,058097656	57300	117,5191771	2937,979427
Ac-228	338	0,113	0,05038929	168000	120,5867119	3014,667797
Bi-211	351	0,122	0,048196234	104000	72,28817483	1807,204371
Ac-228	409	0,0194	0,042099177	21100	105,5878573	2639,696433
Ac-228	463	0,0444	0,034154933	47700	128,5549545	3213,873862
Tl-208	582	0,845	0,030683925	265000	41,77198412	1044,299603
Bi-214	609	0,448	0,030265891	8200	2,47166283	61,79157075
Tl-208	860	0,1242	0,020098133	32500	53,21240784	1330,310196
Ac-228	911	0,266	0,019903087	185000	142,8158843	3570,397108
Bi-214	1120	0,148	0,017012395	16100	26,13397938	653,3494846
	1461	0,107	0,010277499	10100	37,53677997	938,4194994